

ÉTUDE COMPARATIVE DE LA COMPOSITION CHIMIQUE ET DE L'ACTIVITÉ ANTIOXYDANTE DE L'HUILE ESSENTIELLE DE *LAVANDULA ANGUSTIFOLIA* MILLER CULTIVÉE DANS DEUX RÉGIONS DIFFÉRENTES DE L'ALGÉRIE (BLIDA ET CHLEF)

LATRECHE Amina^{1*}, ROUIBI Abdelhak¹ et SAIDI Fairouz¹

1. Laboratoire de Biotechnologies, Environnement et Santé, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Université de Blida 1, B.P. 270, route de Soumaa, Blida, Algérie

Reçu le 05/06/2022, Révisé le 11/11/2022, Accepté le 03/12/2022

Résumé

Description du sujet : Dans le but de contribuer à exploiter les plantes cultivées en Algérie et réputées pour leurs vertus médicinales, une étude comparative de la variabilité chimique de l'huile essentielle de *Lavandula angustifolia* Miller a été réalisée.

Objectifs : Ce travail vise à réaliser l'étude de la variation de la composition chimique ainsi que l'évaluation du pouvoir antioxydant de l'huile essentielle provenant de deux régions géographiquement différentes, appartenant à deux climats différents en Algérie, en l'occurrence, humide (Blida) et semi-aride (Chlef).

Méthodes : Les fleurs sèches ont été soumises à une extraction par hydrodistillation. La composition chimique de l'huile essentielle obtenue a été analysée par chromatographie phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse (CG/MS). L'activité antioxydante in vitro a été réalisée par le test de 2,2-diphényl-1-picryl-hydrazyl (DPPH).

Résultats : Les rendements moyens en huile essentielle obtenus par hydrodistillation sont de 4,08% pour la région de Blida et 3,99% pour Chlef. Les résultats de l'analyse (CG/MS) ont montré que l'huile essentielle obtenue dans les deux régions est un chémotype linalol. Elle est constituée de linalol (41,25%-41,71%), de camphre (14,47%-12,54%), de 1,8-cinéole (9,94%-7,13%), de terpen-4-ol (9,90%-7,25%), de linalyl acetate (2,26%-3,12%), de (Z)-E-β-ocimène (2,13%-5,47%), d'α-terpénool (1,44%-1,58%), de lavandulyl acetate (1,27%-1,60%), de β-farnésène (2,19%-1,31%) et de caryophyllène oxide (0,46%-1,10%). L'activité antioxydante de l'huile essentielle varie entre 246 µg/ml et 372 µg/ml.

Conclusion : Les résultats de l'analyse de l'huile essentielle de l'espèce *Lavandula angustifolia* Miller dans les deux régions indiquent un chémotype riche en monoterpènes dominé par le linalol. L'huile essentielle exerce un effet antioxydant et pourrait être considérée comme agent conservateur très prometteur pour l'industrie agroalimentaire, pharmacologique et cosmétique.

Mots clés : *Lavandula angustifolia* Miller ; huile essentielle ; CG/MS ; activité antioxydante ; chémotype.

COMPARATIVE STUDY OF THE CHEMICAL COMPOSITION AND ANTIOXIDANT ACTIVITY OF THE ESSENTIAL OIL OF *LAVANDULA ANGUSTIFOLIA* MILLER CULTIVATED IN TWO DIFFERENT REGIONS OF ALGERIA (BLIDA AND CHLEF)

Abstract

Description of the subject: A comparative study of the chemical variability of essential oil from *Lavandula angustifolia* Miller was achieved in order to help exploit plants cultivated in Algeria and known for their medicinal properties.

Objective: The aim of this work is to study the variation in chemical composition and to evaluate the antioxidant power of essential oil from two geographically different regions in Algeria, where the climate is humid in Blida and semi-arid in Chlef.

Methods: The dried flowers were submitted to extraction by hydrodistillation. The chemical composition of the Essential oil obtained was analyzed by gas chromatography coupled to mass spectrometry (GC/MS). The in vitro antioxidant activity was determined by the 2, 2-diphenyl-1-picryl-hydrazyl (DPPH) test.

Results: The average yields of essential oil obtained by hydrodistillation are of 4.08% for the region of Blida and 3.99% for Chlef. The results of the analysis (GC/MS) showed that the essential oil obtained in two regions is linalool chemotype. It consists of linalool (41.25%-41.71%), camphor (14.47%-12.54%), 1,8-cineole (9.94%-7.13%), Terpen-4-ol (9.90%-7.5%), linalyl acetate (2.26%-3.12%), (Z)-E-β-ocimene (2.13%-5.47%), α-terpeneol (1.44%-1.58%), lavandulyl acetate (1.27%-1.60%), farnesene (2.19%-1.31%) and caryophyllene oxide (0.46%-1.10%). The antioxidant activity of the essential oil varies between 245 µg/ml and 372 µg/ml.

Conclusion : The result of the analyses of the essential oil concerning the species studied in both regions indicate a monoterpene chemotype dominated by linalol. The oil has an antioxidant effect and could be considered a very promising preservative for the food, pharmaceutical and cosmetic industry.

Keywords : *Lavandula angustifolia* Miller, essential oil, GC/MS, antioxidant activity, chemotype.

* Auteur correspondant: LATRECHE Amina, E-mail: aminabiotech@live.fr

INTRODUCTION

Parmi toutes les huiles essentielles, celle de *Lavandula angustifolia* Miller est certainement la plus universellement connue. Elle présente de nombreuses propriétés liées à sa richesse en linalol et en acétate de linalyle [1]. Elle est utilisée comme sédatif, anxiolytique, antioxydante, protectrice vis-à-vis des maladies cardiovasculaires, immunomodulatrice, anti-infectieuse, antiagrégant plaquettaire, anticancéreuse, hypoglycémiant, anti-androgénique, cholagogue ainsi que antispasmodique [2] ; [3].

L'activité et la composition d'une huile essentielle ne sont pas liées de manière linéaire, mais un changement important du profil chimique d'une huile essentielle permet d'anticiper les variations de son activité. La composition de l'huile essentielle issue de deux plantes d'une même espèce botanique n'est pas constante. Sous l'influence de facteurs abiotiques, elle peut même présenter des spécificités biochimiques très différentes, on parle alors de chémotype [4]. A cet effet, dans le cadre de la gestion durable et de la valorisation des plantes aromatiques et médicinales, nous nous sommes intéressés à l'étude comparative de la composition des huiles essentielles des fleurs de *Lavandula*

angustifolia Miller récoltées dans deux régions d'Algérie géographiquement différentes, en l'occurrence Blida et Chlef, par la chromatographie gazeuse couplée à la spectrométrie de masse (GC/MS). Cette analyse permet d'établir son profil chromatographique et son chémotype. Le pouvoir antioxydant de chaque huile essentielle a été mis évidence par le test du DPPH.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

1. Matériel végétal

Les plants de *Lavandula angustifolia* Miller sur lesquels l'expérimentation a porté sont cultivés au sein du foyer militaire de la région de Blida (centre de l'Algérie) et ceux de Chlef proviennent de la région d'Oued Fodda (ouest de l'Algérie) (Tableau 1). Les fleurs de *Lavandula angustifolia* Miller ont été collectées au mois de juillet en période de floraison. L'identification botanique de l'espèce a été réalisée au niveau du laboratoire de botanique du département d'agronomie de l'université de Blida 1 et à l'École Nationale Supérieure d'Agronomie (ENSA) d'El Harrach au niveau du laboratoire de botanique. Les fleurs ont été séchées à température ambiante, à l'abri de la lumière et dans un endroit ventilé jusqu'à la stabilisation de leur poids.

Tableau 1 : Les coordonnées géographiques des sites de récolte de *Lavandula angustifolia* Miller

Région	Latitude	Longitude	Altitude	Etage bioclimatique
Blida centre	36°28'15'' N	2°49'30''E	250m	Humide
Oued Fodda (Chlef)	36°11'57.4''N	1°26'03.8''E	149 m	Semi-aride

2. Extraction des huiles essentielles

L'extraction des huiles essentielles a été effectuée par la technique d'hydrodistillation à l'aide d'un appareil de type Clevenger [5]. Au cours de chaque essai, 100 g de fleurs sèches ont été traités. La distillation dure trois heures après l'apparition de la première goutte de distillat à la sortie du tube de condensation de la vapeur. L'huile essentielle est conservée à 4°C dans un flacon de couleur opaque et hermétiquement fermé. Les quantités des huiles essentielles obtenues permettent le calcul du rendement par la formule suivante [6]. $RHE (\%) = \frac{M'}{M} 100$. Avec : **RHE** : rendement en huile essentielle exprimé en pourcentage ; **M'** : masse d'huile essentielle obtenue en gramme ; **M** : masse de la matière végétale sèche utilisé en gramme.

3. Analyses chromatographiques

Les analyses chromatographiques (GC/MS) de l'huile essentielle de *Lavandula angustifolia* Miller ont été réalisées à l'aide d'un chromatographe en phase gazeuse de

type Hewlett Packard (série HP 6890) couplé avec un spectromètre de masse (série HP 5973). La fragmentation est effectuée par impact électronique à 70eV. L'injection est faite en mode splitless avec un volume d'injection de 0,2 µl. La colonne utilisée est une colonne capillaire HP-5MS (30 m×0,25 mm) avec une épaisseur du film de 0,25 µm. La température de la colonne est programmée comme suit : la température initiale d'injection est de 60°C pendant 8 min, puis elle est augmentée à 250°C à raison de 2°C.min⁻¹. Elle est maintenue en isotherme pendant 10 min. Le débit du gaz vecteur l'hélium est fixé à 0,5 ml.min⁻¹. La température de l'interface du spectromètre de masse est fixée à 280°C. Afin de calculer les indices de rétention des différents constituants de l'huile, un mélange d'alcanes a été injecté en GC/MS sous les mêmes conditions.

Les constituants de l'huile ont été identifiés par comparaison de leurs indices de rétention (IR) de Kovats déterminés par rapport à une série de n-alcanes C8-C29 avec ceux des composés standards de la banque de données informatisée (NIST 98) et de littérature.

4. L'activité antioxydante

La mise en évidence de l'activité antioxydante in vitro des huiles essentielles a été réalisée par la méthode de piégeage du radical libre 2,2-diphényl-1-picrylhydrazyle (DPPH). Le DPPH est un radical libre et stable. Il possède une coloration violette foncée. Lorsqu'il est réduit, la coloration devient jaune pâle, le diphénylpicrylhydrazine [7]. 25 µl de chacune des solutions méthanoliques des huiles essentielles à différentes concentrations (0,1-1 mg/ml) sont mélangées avec 975 µl d'une solution méthanolique de DPPH (60 µM). Ces mêmes concentrations ont été préparées avec l'acide ascorbique et l'α-tocophérol et représentent les témoins positifs. On réalise également un blanc avec le méthanol absolu. Pour chaque concentration, le test est répété trois fois. Les résultats sont exprimés en pourcentage d'inhibition (I%) des radicaux libres en utilisant la formule suivante : $I\% = [(A_{Contrôle} - A_{éch}) / A_{Contrôle}] \cdot 100$. Avec : $A_{Contrôle}$: Absorbance du contrôle. $A_{éch}$: Absorbance de l'échantillon testé.

La concentration IC₅₀ ou concentration inhibitrice est la concentration de l'échantillon testé nécessaire pour réduire 50 % de radical DPPH. Les IC₅₀ sont calculées graphiquement par les régressions linéaires des graphes tracés.

5. Analyse statistique

Les valeurs obtenues sont la moyenne des trois répétitions ± écart type (SD). Les moyennes ont été comparées par analyse de variance ANOVA à un seul facteur suivi par le test Post hoc Tukey à l'aide du logiciel SPSS (IBM SPSS 28.0.1). Les valeurs de $p \leq 0,05$ sont considérées significatives.

RÉSULTATS

1. Rendement et composition chimique de l'huile essentielle

Le rendement moyen en huile essentielle a été calculé en fonction de la matière végétale sèche. *Lavandula angustifolia* Miller a fourni un rendement en huile essentielle d'environ 4,08% (Blida) et 3,99% (Chlef). La composition chimique et le pourcentage des composés de l'huile essentielle (Blida, Chlef) identifiée par GC/MS sont présentés dans le tableau 2. Les analyses chromatographiques montrent que 35 composés ont été identifiés dans l'huile essentielle des fleurs de *Lavandula angustifolia* Miller de Blida alors que celle de Chlef est plus riche en composés car, 55 ont pu être identifiés. Ainsi, il est à noter que le nombre de composés identifiés représente plus de 99% de la composition totale de l'huile essentielle (Tableau 2 ; Fig. 1 et 2). Les résultats montrent que les monoterpènes oxygénés sont les constituants majoritaires des deux huiles essentielles. Elles sont riches en linalol, composé dominant à plus de 40%. Le pourcentage le plus élevé en se constituant est celui de *Lavandula angustifolia* Miller qui évolue à Chlef avec 41,71%, suivi de celle de Blida avec 41,25%. Le chémotype de l'huile essentielle *Lavandula angustifolia* Miller pour les deux régions est le linalol.

Tableau 2 : Composition chimique de l'huile essentielle de *Lavandula angustifolia* Miller à Blida et Chlef

N°	Composé	IR	<i>L.angustifolia</i> Chlef	<i>L.angustifolia</i> Blida
1	α-Pinene	937	0,24%	0,25%
2	Camphene	943	0,69%	0,97%
3	Thuja-2,4 (10)-diene	958	0,60%	0,84%
4	Sabinene	977	0,20%	0,17%
5	β-Pinene	981	0,38%	0,47%
6	Myrcene	992	0,62%	0,60%
7	α- Phellandrene	1009	0,55%	0,43%
8	α-Terpinene	1018	0,25%	0,30%
9	p-Cymen	1028	0,27%	0,42%
10	Limonene	1031	1,45%	-
11	1,8-Cineol	1035	7,13%	9,94%
12	(Z)-β-Ocimene	1040	5,47%	2,13%
13	(E)-β-Ocimene	1049	0,67%	0,35%
14	γ-Terpinene	1060	0,36%	0,37%
15	α-Terpinolene	1086	0,55%	0,54%
16	α-Fenchone	1093	0,47%	-
17	Linalool	1118	41,71%	41,25%
18	Allo-Ocymene	1134	0,20%	-

19	Trans pinocarveol	1135	0,20%	-
20	Camphor	1158	12,54%	14,47%
21	Borneol	1164	-	3,53%
22	Pinocarvone	1170	0,32%	-
23	Terpinen-4-ol	1191	7,25%	9,90%
24	Cymen-8-ol	1198	0,53%	-
25	Hexylbutanoate	1200	0,55%	1,64%
26	α -Terpineol	1206	1,58%	1,44%
27	Hexenylbutanoate	1231	0,21%	-
28	Hexyl 2-methylbutanoate	1239	0,23%	0,41%
29	Isobornyl formate	1245	0,14%	0,16%
30	Cumin aldehyde	1252	0,63%	0,31%
31	Linalylacetate	1256	3,12%	2,26%
32	Isobornylacetate	1284	0,12%	-
33	Lavandulylacetate	1289	1,60%	1,27%
34	Hexyltiglate	1328	0,19%	0,28%
35	Nerylacetate	1360	0,23%	0,25%
36	GeranylAcetate	1379	0,34%	0,24%
37	Hexylehexanoate	1385	-	0,17%
38	(E)-Caryophyllene	1412	0,56%	0,71%
39	(E)- β -Farnesene	1452	1,31%	2,19%
40	β -Santalene	1460	0,13%	0,19%
41	Germacrene-D	1479	0,35%	0,35%
42	Selinene	1487	0,28%	-
43	(Z)- α -Bisabolene	1504	0,53%	0,75%
44	Lavandyloisovalerate	1509	0,18%	-
45	γ -Cadinene	1512	0,18%	-
46	δ -Cadinene	1520	0,40%	-
47	Cis-Calamenene	1536	0,15%	-
48	α -Cadinene	1542	0,18%	-
49	Germacrene B	1552	0,40%	-
50	Spathulenol	1568	0,12%	-
51	Caryophylleneoxide	1582	1,10%	0,46%
52	Humuleneepoxide II	1615	0,19%	-
53	Bisabololoxide B	1667	0,34%	-
54	Cadalene	1672	0,51%	-
55	α -Bisabolol	1685	1,34%	-
56	α -Sinensal	1755	0,08%	-
57	Manool	2032	0,14%	-

IR : Indice de retention

Abundance

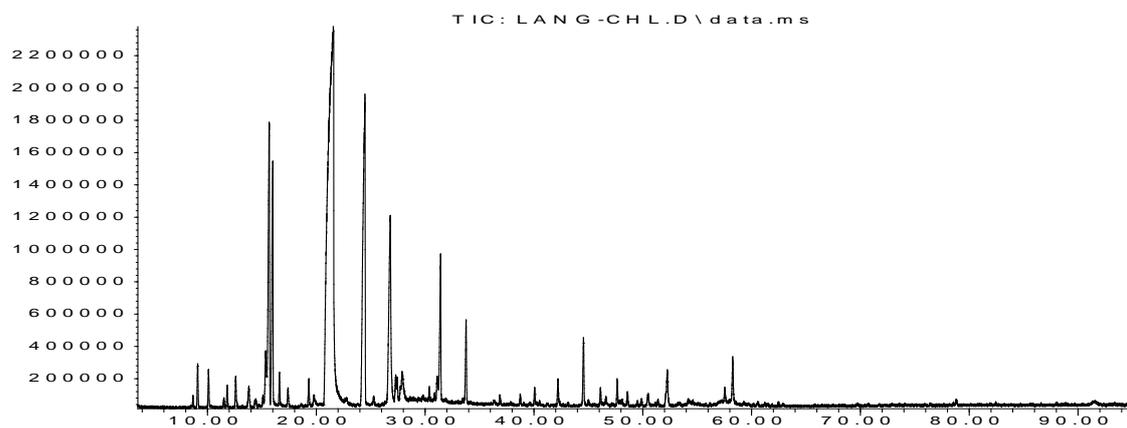


Figure 1: Profil chromatographique de l'huile essentielle de *Lavandula angustifolia* Miller récoltée dans la région de Blida analysée par CG/MS

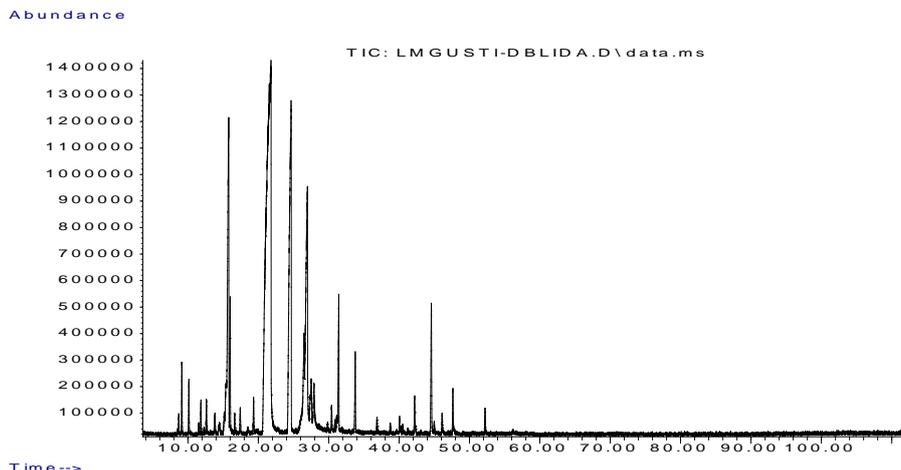


Figure 2: Profil chromatographique de l'huile essentielle de *Lavandula angustifolia* Miller récoltée dans la région de Chlef analysée par CG/MS

Le profil chromatographique de l'huile essentielle de *Lavandula angustifolia* Miller (Blida) est caractérisé aussi par la prédominance d'un autre monoterpène oxygéné: le camphor (14,47%). L'eucalyptol et le terpinen-4-ol sont présents mais à des teneurs moins importantes et représentent respectivement 9,94 % et 9,90 % de la composition globale de l'huile (Fig. 3), suivis du bornéol (3,53%), linalyl acetate (2,26%), l' α terpineol (1,44 %) et le lavandulyl acetate (1,27%). Parmi les six sesquiterpènes identifiés le β -Farnescene (2,19 %) est le plus abondant. L'huile essentielle est caractérisée aussi par la présence des esters terpéniques.

Par ailleurs, l'huile essentielle de *Lavandula angustifolia* Miller (Chlef) est marquée par la présence du camphor avec une légère variation dans la quantité (12,54%) (Fig.3), suivi par le terpinen-4-ol (7,25%), l'eucalyptol (7,13%),

linalyl acetate (3,12%), l' α terpineol (1,58%) et le lavandulyl acetate (1,60%). On note la présence d'autres monoterpènes dans la composition de cette huile essentielle tels que le limonene (1,45%), α fenchone (0,47%), allo ocymene (0,20%), pinocarvone (0,32%) et le cymen-8-ol (0,53%) qui sont absents dans l'huile essentielle de *Lavandula angustifolia* Miller originaire de Blida. Il est à noter que l'huile essentielle est plus riche en sesquiterpènes; toutefois, un seul diterpène oxygéné, le manool, a été identifié. La composition chimique de l'huile essentielle de *Lavandula angustifolia* Miller (Chlef) présente une chimiodiversité très importante par rapport à l'huile essentielle de *Lavandula angustifolia* Miller (Blida). Néanmoins ces deux espèces renferment 33 composés identiques avec une variation dans les quantités.

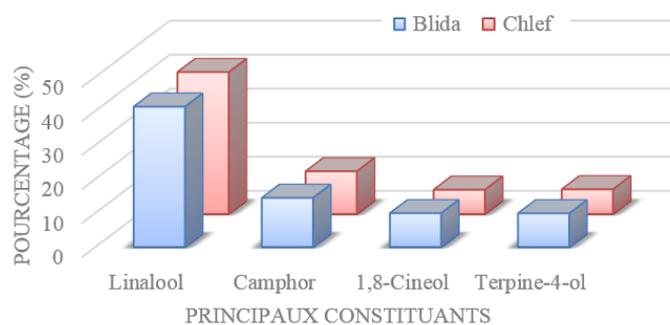


Figure 3 : Principaux composants de l'huile essentielle de *Lavandula angustifolia* Miller

2. L'activité antioxydante.

Les résultats de l'activité antioxydante DPPH, exprimés en pourcentage de l'activité anti-radicalaire, des huiles essentielles de *Lavandula angustifolia* Miller montrent que pour le même intervalle de concentration (0,1-1 mg/ml), à la concentration la plus élevée de 1 mg/ml, les huiles essentielles pour les deux régions ont une activité de piégeage similaire envers le DPPH

de 89,89% (Blida) et 88,45% (Chlef). Parallèlement à l'estimation de l'activité antioxydante des huiles essentielles, les deux composés standards à savoir, l'acide ascorbique et l' α tocophérol ont montré un pouvoir antioxydant supérieur avec une réduction presque totale (soit 97,47% pour l'acide ascorbique et 95,67% pour l' α tocophérol).

Les concentrations qui fournissent 50% d'inhibition IC_{50} sont inversement liées à la capacité antioxydante d'un composé. Les IC_{50} obtenues sont représentées dans les tableaux 4 et 5. D'après les résultats obtenus, l'huile essentielle de *Lavandula angustifolia* Miller Blida a montré une activité plus élevée ($246,29 \pm 0,71 \mu\text{g/ml}$) comparée à l'huile essentielle de *Lavandula angustifolia* Miller Chlef ($372,83 \pm 0,97 \mu\text{g/ml}$). Cependant, cette activité antioxydante de l'huile essentielle pour les deux régions reste faible par rapport à l'acide ascorbique et l' α tocophérol avec respectivement $3,779 \pm 0,62 \mu\text{g/ml}$ et $10,66 \pm 0,34 \mu\text{g/ml}$. L'analyse des IC_{50} par l'ANOVA a conduit à $p < 0,001$, la différence

entre les IC_{50} des huiles essentielles et celles des deux standards est hautement significative (tableau 6). Le test *post-hoc* de Tukey a montré que les IC_{50} moyens sont significativement différents ($p < 0,05$) pour les 2 régions avec l'activité la plus faible pour l'huile essentielle de la région de Chlef ($372,83 \pm 0,97 \mu\text{g/ml}$) et la plus élevée pour la région de Blida ($246,29 \pm 0,71 \mu\text{g/ml}$). L'activité de l'acide ascorbique est significativement la plus élevée ($3,779 \pm 0,62 \mu\text{g/ml}$). Ce test nous a permis de classer l'activité antioxydante selon l'ordre suivant : Acide ascorbique > l' α tocophérol > huile essentielle de Blida > huile essentielle de Chlef.

Tableau 4 : Activité antioxydante des huiles essentielles, de l'acide ascorbique et α -tocophérol

Echantillons	Activité du piégeage du DPPH * ($IC_{50} \mu\text{g/ml}$)
<i>Lavandula angustifolia</i> Miller (Blida)	$246,29 \pm 0,71$
<i>Lavandula angustifolia</i> Miller (Chlef)	$372,83 \pm 0,97$
Acide ascorbique	$3,779 \pm 0,62$
α -tocophérol	$10,66 \pm 0,34$

* valeur en moyenne \pm écart type (n=3)

Tableau 5 : Statistiques descriptives des variables

	N	Moyenne	Ecart type	Erreur standard	Intervalle de confiance à 95 % pour la			
					moyenne		Minimum	Maximum
					Borne inférieure	Borne supérieure		
HEB	3	246,29000	0,710211	0,410041	244,52574	248,05426	245,870	247,110
HEC	3	372,83000	0,978724	0,565066	370,39872	375,26128	372,250	373,960
TOC	3	10,66133	0,343098	0,198088	9,80903	11,51364	10,390	11,047
AAC	3	3,63000	0,062450	0,036056	3,47487	3,78513	3,560	3,680

HEB : Huile Essentielle Blida, HEC : Huile Essentielle Chlef, TOC : α -tocophérol, AAC : Acide Ascorbique

Tableau 6 : ANOVA -IC 50

	Somme des carrés	Df	Carré moyen	F	Sig.
Entre groupes	298456,004	3	99485,335	251238,863	<0,001
Intra-groupes	3,168	8	0,396		
Total	298459,172	11			

Tableau 7: Comparaison multiples (test de Tukey- Variable dépendante: IC 50)

Différence significative de Tukey	(I) Echantillons	Echantillons	Différence moyenne (I-J)	Erreur standard	Sig.	95% Intervalle de confiance	
						Borne inférieure	Borne supérieure
						HEB	HEC
	TOC	235,628667*	0,513796	<,001	233,98331	237,27402	
	AAC	242,660000*	0,513796	<,001	241,01465	244,30535	
	HEC	HEB	126,540000*	0,513796	<,001	124,89465	128,18535
		TOC	362,168667*	0,513796	<,001	360,52331	363,81402
		AAC	369,200000*	0,513796	<,001	367,55465	370,84535
	TOC	HEB	-235,628667*	0,513796	<,001	-237,27402	-233,98331
		HEC	-362,168667*	0,513796	<,001	-363,81402	-360,52331
		AAC	7,031333*	0,513796	<,001	5,38598	8,67669
	AAC	HEB	-242,660000*	0,513796	<,001	-244,30535	-241,01465
		HEC	-369,200000*	0,513796	<,001	-370,84535	-367,55465
		TOC	-7,031333*	0,513796	<,001	-8,67669	-5,38598

*. La différence moyenne est significative au niveau 0.05. HEB : Huile Essentielle Blida, HEC : Huile Essentielle Chlef, TOC : α -tocophérol, AAC : Acide Ascorbique

DISCUSSION

Les rendements en huiles essentielles des fleurs de *Lavandula angustifolia* Miller provenant des deux régions sont presque similaires (4,08% Blida et 3,99% Chlef). Les rendements obtenus lors de notre étude sont très proches de ceux énoncés par Benyagoub et al. [8] à Tlemcen (Ouest Algérie), où le rendement est de 4,12% [8]. Un rendement comparable a été observé par Turgut et al., (2017) en Turquie avec 4,20 [9]. Cependant un rendement de 4,57% a été observé par Danh et al., (2013) [10]. Toutefois Costea et al., (2019) en Roumanie ont observé un rendement de 3% au mois de juin et de 4,40% au mois de septembre [11]. D'autre part, des rendements inférieurs ont été rapportés en Inde par Verma et al., (2009) avec un rendement de 2,8%, en Iran par Razazadeh et al., (2008) avec 2,5% ainsi qu'à Batna (Ouest d'Algérie) par Belhadj et al., (2014) à 2% [12]; [13]; [14]. Toutefois, nos résultats montrent des rendement en huiles essentielles plus élevées que ceux observés dans les travaux de Zahed et al., (2020) à Ain Defla (Ouest Algérie) et Jianu et al., (2013) en Roumanie qui montrent des rendements plus faibles avec des taux respectifs de 1,5 % et 1,13% [15][16]. Ces résultats montrent que le rendement diffère d'une région à une autre. Ces variations peuvent être dues à plusieurs facteurs en l'occurrence les facteurs intrinsèques, liés à l'espèce végétale, au type de clone, à l'organe végétal concerné, et au degré de maturité du végétal, voire au moment de la récolte au cours de la journée et aux facteurs extrinsèques, tels que l'interaction avec l'environnement (climat ou type de sol) ou à la méthode d'extraction [17].

Selon Cavanagh et Wilkinson (2002) les composés qui caractérisent *Lavandula* sont généralement le linalol, l'acétate de linalyle, le 1,8-cinéole, le β -ocimène, le 4-terpinéol et le camphre [19]. Les résultats obtenus dans notre étude montrent que le linalol est le composé le plus abondant dans les deux huiles essentielles analysées obtenues à partir de *Lavandula angustifolia* Miller de Blida et Chlef avec respectivement 41,25% et 41,71%. Ces résultats sont conformes à ceux rapportés par d'autres travaux sur la même espèce ; en effet le linalol a été signalé comme composé majoritaire dans l'huile essentielle de *Lavandula angustifolia* Miller de originaire de Roumanie (43,32%), d'Iran (19,2%), de Syrie (35,12%) [20]; [21]; [22]. D'autres recherches ont montré que les composés majeurs sont le linalol et l'acétate de linalyl [23]; [15]; [24]. Par ailleurs, nos résultats sont largement différents de ceux obtenus dans la région de Batna

(Algérie) où la composition de l'huile essentielle est dominée par 1,8 cinéol (29,4%) et le camphor (24,6%) [14] et ceux obtenus à Tizi Ouzou (Algérie) dont la composition est dominée par 1,8 cinéol (37,80%) et β -caryophyllène (11,20%) [25].

Selon Senatore (1996), la présence ou l'absence de certains constituants dans la plante dépend de l'un ou de la combinaison de trois facteurs, qui sont le patrimoine génétique, l'âge et l'environnement de la plante [26]; [27]; [28]. Elle dépend aussi de la méthode d'extraction [29].

En effet, la qualité de l'huile essentielle et en particulier la teneur en linalol chez *Lavandula angustifolia* Miller varie considérablement [30] en fonction de la température, du développement des fleurs et des précipitations [31]. Kaloustian et al., (2000) ont rapporté que la teneur en linalol augmente pendant la fin de la floraison [32]. De plus une concentration plus élevée en linalol et en terpinène-4-ol a été observée à un stade avancé de floraison chez *Lavandula angustifolia* Miller et *Lavandula* \times *intermedia* (hybride : *Lavandula angustifolia* \times *Lavandula latifolia*) [33]. Ce qui suggère que la biosynthèse du linalol est régulée pendant la période de floraison par des signaux environnementaux et de développement [31].

Selon Da Porto et al., (2009) ces différences peuvent aussi être causées par des processus tels que l'hydrolyse, la dégradation thermique et les réarrangements moléculaires qui sont favorisés au cours de la méthode d'hydrodistillation [34]. En effet l'acétate de linalyle présent en grande quantité dans l'huile essentielle de *Lavandula angustifolia* Miller s'hydrolyse pendant la distillation pour donner du linalol (déjà présent avant cette hydrolyse). Une diminution de la proportion d'acétate de linalyle au profit du linalol entraîne une modification du parfum mais également une modification des propriétés thérapeutiques de l'huile essentielle qui sera par exemple moins antispasmodique mais plus antiseptique [35]. Cependant, il a été démontré qu'un plant *Lavandula angustifolia* Miller qui évolue à haute altitude produit jusqu'à 10% d'esters (acétate de linalyle) de plus qu'un plant qui se développe à une altitude moyenne [36]. D'après les travaux de Wilson et al., (2021) le calice et la sommité fleurie entière de *Lavandula angustifolia* Miller ont des profils aromatiques similaires, tandis que ceux de la corolle et de la feuille sont différents [37]. Ainsi, chaque organe végétal de la plante présente un profil en composé chimique.

Par ailleurs, les résultats de l'activité antioxydante dans cette étude corroborent avec ceux obtenus sur la même espèce de lavande par Hamed et al., en Irak (216 µg/ml) et par ceux de Hussain et al., au Pakistan (289±8,5 µg/ml) [39][40]. Tandis qu'en Bosnie et Herzégovine Niksik et al., ont montré que *Lavandula angustifolia* Miller présentait une valeur de 421 µg/ml [41]. D'autres études sur la même espèce ont conduit à des résultats divergents avec des valeurs nettement faibles qui oscillent entre 22110 ±1,18 µg/ml, 28000 µg/ml et 27670± 0,56 µg/ml [24]; [42]; [43]. Par ailleurs, nos résultats sont significativement inférieurs à ceux obtenus en Italie par Gargoli et al., dont les valeurs sont de 7,75±0,10 µg/ml [44].

Ces résultats montrent que l'huile essentielle possède une activité antioxydante moins efficace que l'acide ascorbique (3,779 µg/ml) et l'α tocophérol (10,654 µg/ml). La capacité antioxydante modérée peut être attribuée à l'absence de certains composés phénoliques dans les huiles essentielles (thymol, carvacrol) [45].

Cependant, il est difficile d'attribuer l'effet antioxydant d'une huile essentielle totale à un ou plusieurs composés actifs. Les composés mineurs et majeurs réagissent dans leur totalité en synergie pour une action significative de l'huile essentielle [46]. En effet, dans deux études menées séparément par Lis-Balchin et Deans (1997) et Lis-Balchin (2002), il a été rapporté qu'il n'y a pas de corrélation entre le pourcentage des composants majoritaires tel que le linalol et l'acétate de linalyle avec l'activité antioxydante des huiles essentielles extraites de lavande [47]; [48]. Néanmoins, il a été observé que l'aptitude d'un composé antioxydant capable de piéger le DPPH se fait principalement grâce à sa capacité à libérer des molécules d'hydrogène, et cela est dû à l'abondance des groupes fonctionnels tels que les monoterpènes hydrocarbures [49] et les monoterpènes oxygénés [50].

CONCLUSION

L'évaluation de la composition de l'huile essentielle de *Lavandula angustifolia* Miller cultivée en Algérie dans des zones situées dans des conditions pédo-climatiques différentes à savoir, Blida et Chlef a permis d'identifier respectivement 35 et 55 constituants. Les différentes huiles essentielles obtenues ont des compositions chimiques différentes sur le plan qualitatif et quantitatif. Cette variation dépend de nombreux facteurs intrinsèques et extrinsèques de la plante.

Cependant, l'huile essentielle de *Lavandula angustifolia* Miller cultivée à Blida ou à Chlef, présente le même chémotype, le linalol à des teneurs proches respectivement de 41,25% et 41,71%. Ces huiles essentielles sont alors classées dans la catégorie des huiles essentielles à monoterpénols reconnues pour leur action anti-infectieuse à large spectre et leur activité parasiticide. Ce sont des antioxydants, toniques et stimulants du système nerveux central. Par ailleurs, il est à souligner que l'huile essentielle de *Lavandula angustifolia* Miller originaire de Blida a montré une activité antioxydante plus élevée (245± µg/ml) comparée à celle de l'huile essentielle de *Lavandula angustifolia* Miller de Chlef (372 ± µg/ml). Cette huile essentielle pourrait être utilisée en pharmacologie ou en cosmétique et dans la conservation des aliments.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1]. Amarti, F.; Satrani, B.; Ghanmi, M.; Farah, A.; Aafi, A.; Aarab, L.; El Ajjouri, M.; Chaouch, A. (2010). Composition chimique et activité antimicrobienne des huiles essentielles de *Thymus algeriensis* Boiss. & Reut. et *Thymus ciliatus* (Desf.) Benth. du Maroc. *Phytothérapie.*, 14 (1): 342-347.
- [2]. Deschepper R., (2017). Variabilité de la composition des huiles essentielles et intérêt de la notion de chémotype en aromathérapie. Thèse de doctorat d'état en pharmacie, Université de Marseille, France. p. 8-9.
- [3]. Bouhdid, S., Idomar, M., Zhiri, A., Baudoux, D., Skali, N.S., Abrini J. (2006). *Thymus* essential oils: chemical composition and in vitro antioxidant and antibacterial activities. Congrès international de biochimie, Agadir, Maroc.
- [4]. Belmont M., (2013). *Lavandula angustifolia* M., *Lavandula latifolia* M., *Lavandula x intermedia* E.: Etudes botaniques, chimiques et thérapeutiques. Thèse de Doctorat en Pharmacie, Université Joseph Fourier. p. 144.
- [5]. Clevenger J.F. (1928). Apparatus for the determination of volatile oil. *J. Amer. Pharm. Assoc.*, 17: 346-349.
- [6]. Afnor N. (1986). Recueil des Normes Françaises « huiles essentielles ». Afnor, Paris, pp. 57.
- [7]. Sanchez-Moreno C., (2002). Methods used to evaluate the free radical scavenging activity in foods and biological systems. *Int J Food Sci Technol.*, 8 : 121-37.
- [8]. Benyagoub, E.; Nabbou, N.; Sirat, M.; Dahlis, Z. (2014). Propriétés antibactériennes et constituants phytochimiques des extraits de la Lavande de la région de Tlemcen et leur effet sur quelques espèces bactériennes responsables d'infection alimentaire. *Revue des Bioressources.*, 4 (2) : 18-28.
- [9]. Danh, L.T.; Han, L.N.; Triet, N.D.A.; Zhao, J.; Mammucari, R.; Foster, N. (2013). Comparison of chemical composition, antioxidant and antimicrobial activity of lavender (*Lavandula angustifolia* L.) essential oils extracted by supercritical CO₂, hexane and hydrodistillation. *Food Bioprocess Technol.*, 6 : 3481-3489.

- [10]. Turgut, A. C.; Emen, F. M.; Canbay, H. S.; Demirdöğen, R. E.; Cam, N.; Kılıç, D.; Yeşilkaynak, T. (2017). Chemical characterization of *Lavandula angustifolia* Mill. Which is a phytocosmetic species and investigation of its antimicrobial effect in cosmetic products. *Journal of the Turkish Chemical Society Section A: Chemistry.*, 4(1) : 283-298.
- [11]. Costea, T.; Străinu, A.M.; Gird, C.E. (2019). Botanical characterization, chemical composition and antioxidant activity of romanian lavender (*Lavandula angustifolia* Mill.) flowers. *Studia Universitatis Vasile Goldiș, Seria Științele vieții (Life Sciences Series).*, 29(4).
- [12]. Verma, R.S.; Rahman, L.U.; Chanotiya, C.S.; Verma, R.K.; Chauhan, A.; Yadav, A.; Singh, A.; Yadav, A.K. (2010). Essential oil composition of *Lavandula angustifolia* Mill. cultivated in the midhills of Uttarakhand. *India. J. Serbian Chem. Soc.*, 75: 343-348.
- [13]. Razazadeh, S. H.; Baha-Aldini, B. Z. B. F.; Vatanara, A.; Behbahani, B.; Rouholamini, N. A.; Maleky-Doozadeh, M.; Yarigar-Ravesh, M.; Piralı, H. M. (2008). Comparison of super critical fluid extraction and hydrodistillation methods on lavanders essential oil composition and yield. *Journal of Medicinal Plants.*, 7 : 63-68.
- [14]. Belhadj Mostefa, M.; Kabouche, A.; Abaza, I.; Aburjai, Touzani, R.; Kabouche Z. (2014). Chemotypes investigation of *Lavandula* essential oils growing at diferent North African soils. *J Mater Environ Sci.*, 5(6) : 1896–1901.
- [15]. Zahed, K.; Souttou, K.; Hamza, F.; Zamoum, M. (2021). Chemical composition and larvicidal activities in vitro and in vivo of essential of *Thymus vulgaris* (L) and *Lavandula angustifolia* (Mill) against pine processionary moth *Thaumetopoea pityocampa* Den. & Schiff. in Ain Defla (Algeria). *J. Plant Dis. Prot.*, 128 (1) : 121-137.
- [16]. Jianu, C.; Pop, G.; TGruia, A.; Horhat, F. G. (2013). Chemical composition and antimicrobial activity of essential oils of lavender (*Lavandula angustifolia*) and lavandin (*Lavandula x intermedia*) grown in Western Romania. *Int. J. Agric. Biol.*, 15 : 772–776.
- [17]. Besombes C., (2008). Contribution à l'étude des phénomènes d'extraction hydro-thermo-mécanique d'herbes aromatiques. Applications généralisées. Thèse de Doctorat, Université de La Rochelle, France. p. 41.
- [18]. Tomescu, A.; Rus, C.; Pop, G.; Alexa, E.; Șumălan, R.; Copolovici, D.; Negrea, M. (2015). Chemical composition of *Lavandula angustifolia* L. and *Rosmarinus officinalis* L. essential oils cultivated in West Romania. *Research Journal of Agricultural Science.*, 47(3) : 246-251.
- [19]. Najafian, Sh.; Rowshan, V.; Tarakemeh, A. (2012). Comparing essential oil composition and essential oil yield of *Rosmarinus officinalis* and *Lavandula angustifolia* before and full flowering stages. *International Journal of Applied Biology and Technology.*, 3 : 212-218 .
- [20]. Al-Younis, F.; Al-Naser, Z.; Al-Hakim, W. (2015). Chemical composition of *Lavandula angustifolia* Miller and *Rosmarinus officinalis* L. essential oils and fumigant toxicity against larvae of *Ephesia kuehniella* Zeller. *Int J ChemTech Res.*, 8 (3) : 1382–1390.
- [21]. Djenane, D.; Aider, M.; Yanguela, J.; Idir, L.; Gomez, D. (2012). Antioxidant and antibacterial effects of *Lavandula* and *Mentha* essential oils in minced beef inoculated with *E. coli* O157:H7 and *S. aureus* during storage at abuse refrigeration temperature. *Meat Sci.*, 92 (4) : 667-674.
- [22]. Smigielski, K.; Prusinowska, R.; Stobiecka, A.; Kunicka-Styczyńska, A.; Gruska, R. (2018). Biological Properties and Chemical Composition of Essential Oils from Flowers and Aerial Parts of Lavender (*Lavandula angustifolia*). *J. Essent. Oil-Bear. Plants.*, 21 : 1303–1314.
- [23]. Djenane, D.; Lefsih, K.; Yangüela, J.; Roncalés, P. (2011). Composition chimique et activité anti-*Salmonella enteritidis* CECT 4300 des huiles essentielles d'*Eucalyptus globulus*, de *Lavandula angustifolia* et de *Satureja hortensis*. Tests in vitro et efficacité sur les œufs entiers liquides conservés à 7 ± 1. *C. Phytothérapie.*, 9 : 343–353.
- [24]. Senatore, F. (1996). Influence of harvesting time on yield and composition of the essential oil of a thyme (*Thymus pulegioides* L.) growing wild in Campania (Southern Italy). *Journal of agricultural and foodchemistry.*, 44 (5) : 1327-1332.
- [25]. Ristic, D.; Brikic, N.T.; Zalfija. (1999). *Salvia Officinalis*. L. Institue for medicinal plants Josif Panacic. Belgrade and Art Grafik Belgrade., 151-167.
- [26]. Desjobert, J.M.; Bianchini, A.; Tomi, P.; Costa, J.; Bernardini A.F. (1997). Etude des huiles essentielles par couplage chromatographie en phase gazeuse/spectrométrie de masse. Application à la valorisation des plantes de la flore corse. *Analisis.*, 25(6) : 13-16
- [27]. Bruneton J. (1993). *Pharmacognosie, phytochimie plantes médicinales*. 2^{ème} ED. Paris : Tech et doc, Lavoisier, 1993.
- [28]. Hamad, K.J.; Al-Shaheen, S.J.A.; Kaskoos, R.A.; Ahamad, J.; Jameel, M.; Mir, S.R. (2013). Essential oil composition and antioxidant activity of *Lavandula angustifolia* from Iraq. *Internat. Res. J. Pharm.*, 4 : 117–120.
- [29]. Hussain, A.I.; Anwar, F.; Iqbal, T.; Bhatti, I. A. (2011). Antioxidant attributes of four Lamiaceae essential oils. *Pak. J. Bot.*, 43 (2) :1315-1321.
- [30]. Niksic, H.; Kovac-Besovic, E.; Omeragic, E.; Muratovic, S.; Kusturica, J.; Duric, K. (2017). Antiproliferative, antimicrobial, and antioxidant activity of *Lavandula angustifolia* Mill. essential oil. *Journal of Health Sciences.*, 7 (1) : 35–43.
- [31]. Pistelli, L.; Najar, B.; Giovanelli, S.; Lorenzini, L.; Tavarini, S.; Angelini, L. G. (2017). Agronomic and phytochemical evaluation of *lavandin* and *lavender* cultivars cultivated in the Tyrrhenian area of Tuscany (Italy). *Industrial Crops and Products.*, 109 : 37-44.
- [32]. Blažeković, B.; Yang, W.; Wang, Y.; Li, C.; Kindl, M.; Pepeljnjak, S.; Vladimir-Knežević, S. (2018). Chemical composition, antimicrobial and antioxidant activities of essential oils of *Lavandula × intermedia* 'Budrovka' and *L. angustifolia* cultivated in Croatia. *Industrial crops and products.*, 123 : 173–182.
- [33]. Garzoli, S.; Laghezza Masci, V.; Franceschi, S.; Tiezzi, A.; Giacomello, P.; Ovidi, E. (2021). Headspace/GC–MS Analysis and Investigation of Antibacterial, Antioxidant and Cytotoxic Activity of Essential Oils and Hydrolates from *Rosmarinus officinalis* L. *Lavandula angustifolia* Miller. *Foods.*, 10 :1768.

- [34]. Da Porto, C.; Decorti, D.; Kikic I. (2009). Flavour compounds of *Lavandula angustifolia* L. to use in food manufacturing: Comparison of three different extraction methods. *Food Chemistry.*, 112(4) : 1072-1078.
- [35]. Deschepper R., (2017). Variabilité de la composition des huiles essentielles et intérêt de la notion de chémotype en aromathérapie. Thèse en vue d'obtenir un diplôme d'état de docteur en pharmacie, Université de Marseille, France. p. 41.
- [36]. Faucon M. (2012). *Traité d'aromathérapie scientifique et médicale*. Sang de la terre, 880p.
- [37]. Wilson, T. M.; Poulson, A.; Packer, C.; Carlson, R. E.; Buch, R. M. (2021). Essential Oil Profile and Yield of Corolla, Calyx, Leaf, and Whole Flowering Top of Cultivated *Lavandula angustifolia* Mill. (Lamiaceae) from Utah. *Molecules.*, 26(8) : 2343.
- [38]. Chograni, H.; Zaouali, Y.; Rajeb, C.; Boussaid, M. (2010). Essential oil variation among natural populations of *Lavandula multifida* L. (Lamiaceae). *Chemistry & biodiversity.*, 7(4) : 933-942.
- [39]. Hamad, K. J.; Al-Shaheen, S. J. A.; Kaskoos, R. A.; Ahamad, J.; Jameel, M.; Mir, S. R. (2013). Essential oil composition and antioxidant activity of *Lavandula angustifolia* from Iraq. *Int Res J Pharm.*, 4(4): 117-120.
- [40]. Hussain, A. I.; Anwar, F.; Iqbal, T.; Bhatti, I. A. (2011). Antioxidant attributes of four Lamiaceae essential oils. *Pak. J. Bot.*, 43(2) : 1315-132.
- [41]. Niksic, H.; Kovac-Besovic, E.; Omeragic, E.; Muratovic, S.; Kusturica, J.; Duric, K. (2017). Antiproliferative, antimicrobial, and antioxidant activity of *Lavandula angustifolia* Mill. essential oil. *Journal of Health Sciences.*, 7(1): 35.
- [42]. Pistelli, L.; Najjar, B.; Giovanelli, S.; Lorenzini, L.; Tavarini, S.; Angelini, L.G. (2017). Agronomic and phytochemical evaluation of lavandin and lavender cultivars cultivated in the Tyrrhenian area of Tuscany (Italy). : *Industrial Crops and Products.*, 109 : 37-44.
- [43]. Blažeković, B.; Yang, W.; Wang, Y.; Li, C.; Kindl, M.; Pepeljnjak, S.; Vladimir-Knežević, S. (2018). Chemical composition, antimicrobial and antioxidant activities of essential oils of *Lavandula × intermedia* 'Budrovka' and *L. angustifolia* cultivated in Croatia. *Industrial crops and products.*, 123 : 173-182.
- [44]. Garzoli, S.; LaghezzaMasci, V.; Franceschi, S.; Tiezzi, A.; Giacomello, P.; Ovidi, E. (2021). Headspace/GC-MS Analysis and Investigation of Antibacterial, Antioxidant and Cytotoxic Activity of Essential Oils and Hydrolates from *Rosmarinus officinalis* L. *Aliments.*, 10 (8):1768.
- [45]. Hazzit, M.; Baaliouamer, A.; Verissimo, A. R.; Faleiro, M. L.; Miguel, M. G. (2009). Chemical composition and biological activities of Algerian *Thymus* oils. *Food chemistry.*, 116(3) : 714-721.
- [46]. Wang, W.; Wu, N.; Zu, Y. G.; Fu, Y. J. (2008). Antioxidative activity of *Rosmarinus officinalis* L. essential oil compared to its main components. *Food chemistry.*, 108(3) : 1019-1022.
- [47]. Lis-Balchin, M.; Deans, S.G. (1997). Bioactivity of selected plant essential oils against *Listeria monocytogenes*. *Journal de microbiologie appliquée.*, 82 (6) : 759-762.
- [48]. Lis-Balchin M. (2002). *Lavender: the genus Lavandula*. Taylor and Francis, London: Presse CRC, pp. 37-50, 155-200.
- [49]. Imelouane, B.; Tahri, M.; Ankit, M.; Khdid, K.; Amhamdi, H.; Dubois, J.; Elbachiri, A. (2010). The essential oil of Eastern Moroccan *Rosmarinus officinalis*: Chemical composition, in vitro antimicrobial and antioxydant activities. *Rev Microbiol Ind San et Environn.*, 4 : 120-41.
- [50]. Tepe, B.; Daferera, D.; Sökmen, M.; Polissiou, M.; Sökmen, A. (2004). The in vitro antioxidant and antimicrobial activities of the essential oil and various extracts of *Origanum syriacum* L var *bevanii*. *Journal of the Science of Food and Agriculture.*, 84(11) : 1389-1396.